

УДК 635.71

Е. В. Руденко, Н. А. Кузьмичева, Г. Н. Бузук

**СОГЛАСОВАННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ
ПОЛЫНИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*ARTEMISIA VULGARIS* L.)
С ДЛИНОЙ И ДИАМЕТРОМ ПОБЕГОВ****Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет,
г. Витебск, Республика Беларусь**

В статье изложены результаты изучения связи между фитомассой надземной части полыни обыкновенной и морфологическими параметрами побега. На примере 189 экземпляров полыни из двух географически удаленных областей (Витебская область и Южная Осетия) обнаружено, что масса побега *Artemisia vulgaris* L. наиболее тесно связана с диаметром побега у его основания и, в меньшей степени, с его высотой. При использовании двухпараметрической аллометрической функции коэффициент детерминации между фактическими и вычисленными данными составляет 0,95. Оказалось возможным объединение подмножеств данных, полученных в различных климатических зонах, поскольку одно из них включает в себя другое. Для выявления характера зависимости использовали 6 математических функций: линейную, степенную, экспоненциальную, логарифмическую, а также функции Мономолекуляр и Weibull. Наилучшие результаты для описания связи массы побегов и их линейных параметров дает нелинейная функция Weibull (коэффициент детерминации между фактическими и вычисленными данными 0,98 для диаметра побега в его основании и 0,89 для длины побега).

Ключевые слова: *Artemisia vulgaris* L., фитомасса, длина побега, диаметр побега, функция Weibull.

ВВЕДЕНИЕ

Между размерами и массой различных органов растений существуют корреляционные связи (закон структурной корреляции Ж. Кювье), позволяющие прогнозировать объем возможных заготовок хозяйственно полезных частей растений. Используемые с этой целью различные математические модели устанавливают связи между каким-либо показателем продуктивности и морфометрическими параметрами, наиболее легко определяемыми в полевых условиях [1]. Применять при этом большое число измеряемых параметров считается нецелесообразным, так как это приводит к значительному усложнению моделей и снижению вероятности ее использования на практике. Поэтому актуальны исследования, направленные на выделение одного или двух морфологических признаков, специфических для каждого вида растений, которые в наибольшей степени связаны с сырьевой массой.

Чаще всего исследователями используется двухпараметрическая аллометрическая функция зависимости фитомассы от диаметра и высоты растения. Например,

в работах, посвященных биопродуктивности основных лесобразующих видов деревьев, основными параметрами, объясняющими более 99% общей дисперсии значений объема древесины и абсолютно сухой массы ствола, называются высота и диаметр ствола на высоте 1,3 м от поверхности почвы. Однако для определения фитомассы листьев или хвои дерева достаточно только диаметра ствола [2].

Для травянистых растений связь между массой надземной части и морфологическими параметрами побега, как правило, более сложная [3–5]. Это связано с тем, что у разных видов существуют значительные различия в характере ветвления и листорасположения, относительной массе листьев по отношению к стеблю. Различаются также типы соцветий.

Для низкорослых травянистых растений общепринятым методом определения урожайности надземной части является метод проективного покрытия. Ранее нами был установлен нелинейный характер связей между фитомассой и проективным покрытием, аппроксимирующийся с высокой степенью приближения функцией Weibull, а также двухпараметрической аллометри-

ческой функцией, где дополнительным параметром являлась высота растений [6].

В данном исследовании предполагается оценка пригодности этих функций для метода модельных экземпляров на примере полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* L.).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в естественных местообитаниях *A. vulgaris* в Беларуси (Витебская область, Бешенковичский район) и в Южной Осетии (окрестности г. Цхинвала). В пределах заросли исследуемого вида срезали особи на уровне почвы, определяли их диаметр у основания с точностью до 0,1 мм и длину с точностью до 0,01 м, а также массу с точностью до 0,01 г. Всего изучено 189 экземпляров полыни обыкновенной (111 в Беларуси и 78 в Южной Осетии). Для аппроксимации зависимости массы от высоты и диаметра у основания растений использовали аллометрическую функцию. Для выявления зависимости фитомассы от каждого из вышеназванных параметров в отдель-

ности использовали 6 функций: линейную $y = a + b \cdot x$, степенную $a \cdot x^b$, экспоненциальную $a \cdot \exp(b \cdot x)$, логарифмическую $y = a + b \cdot \log(x)$, а также функции $\text{Monomoleculara} \cdot (1 - \exp(-b \cdot x))$ и $\text{Weibull } a \cdot (1 - \exp(-b \cdot x^c))$. Расчет коэффициентов функции производили в программе Matlab.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Масса надземной части полыни обыкновенной тесно связана с длиной побега и его диаметром у основания. Это подтверждается с помощью двухпараметрической аллометрической функции, где в качестве независимых переменных представлены вышеуказанные линейные параметры побега. В таблице 1 представлены коэффициенты уравнений, соответствующих зависимостям фитомассы (m) от диаметра (D) и длины (L) побегов *Artemisia vulgaris*. Они были рассчитаны для двух изученных местообитаний раздельно, но оказались очень близкими по значениям, что говорит о возможности применения полученного обобщенного уравнения для расчета фитомассы полыни обыкновенной в разных климатических условиях.

Таблица 1. – Значение коэффициентов аллометрической функции $m = a \cdot D^b \cdot L^c$ для полыни обыкновенной в различных местонахождениях

Местонахождение	a	b	c	R ²
Беларусь	0,2738	2,0380	0,2747	0,90
Южная Осетия	0,1952	2,1002	0,3037	0,96
Объединенные данные	0,3086	2,1049	0,2209	0,95

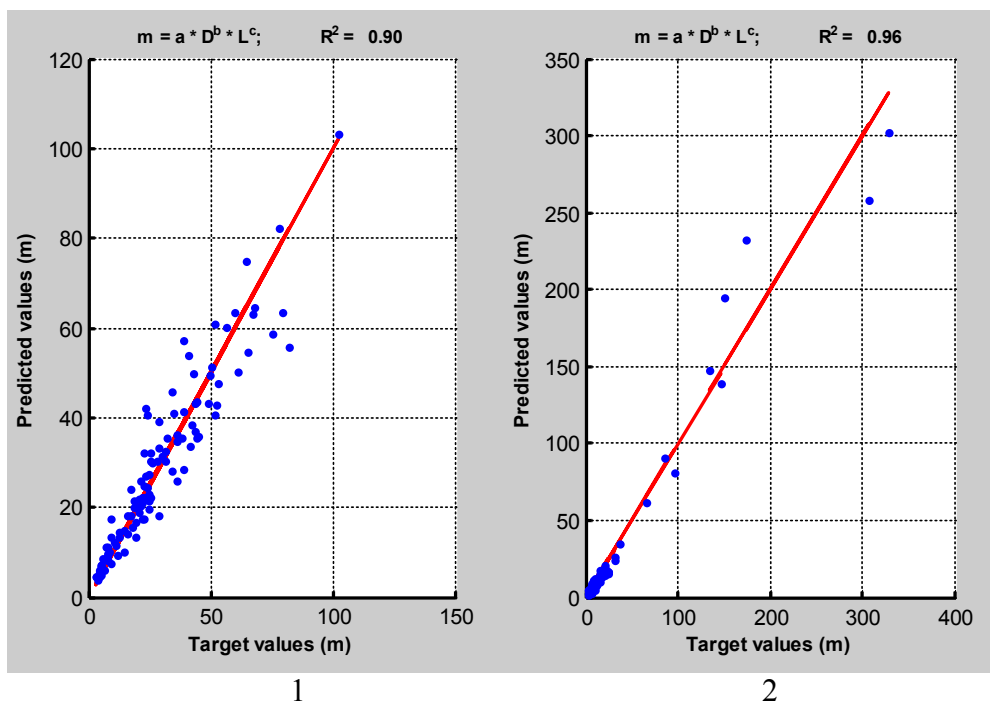
При использовании аллометрической функции коэффициент детерминации между фактическими и вычисленными данными составляет 0,90 для белорусской популяции и 0,96 для кавказской. Для объединенных данных коэффициент детерминации составил 0,95. Фактически, растения полыни, произрастающие в Беларуси, имеют такие же размеры и фитомассу, как и самые маленькие из произрастающих в Южной Осетии. График 1 полностью совместим с частью графика 2 при значениях от 0 до 100 (рисунок 1).

Поэтому для дальнейших исследований данные были объединены и ранжированы по диаметру (для растений с одинаковым диаметром у основания была рассчитана средняя масса побегов, всего получилось 62 значения) и по высоте (со-

ответственно были получены 90 средних значений массы побегов).

С целью уменьшения числа измеряемых параметров были произведены расчеты аппроксимации зависимостей отдельно массы от длины побегов и массы от диаметра побега в его основании с помощью шести однопараметрических функций.

Зависимость массы побегов полыни обыкновенной от диаметра побега имеет нелинейный характер. Наилучшим образом описывают эту связь функции Weibull и степенная (рисунок 2). Коэффициент детерминации между фактическими данными и аппроксимирующей кривой равен 0,96. Остальные изученные функции пригодны для описания характера связи в меньшей степени (R^2 от 0,62 до 0,84), поэтому на рисунке не приведены.



1 – популяция из Беларуси, 2 – популяция из Южной Осетии

Рисунок 1. – Зависимость между фактическими и вычисленными с помощью аллометрической функции данными фитомассы побегов полыни обыкновенной

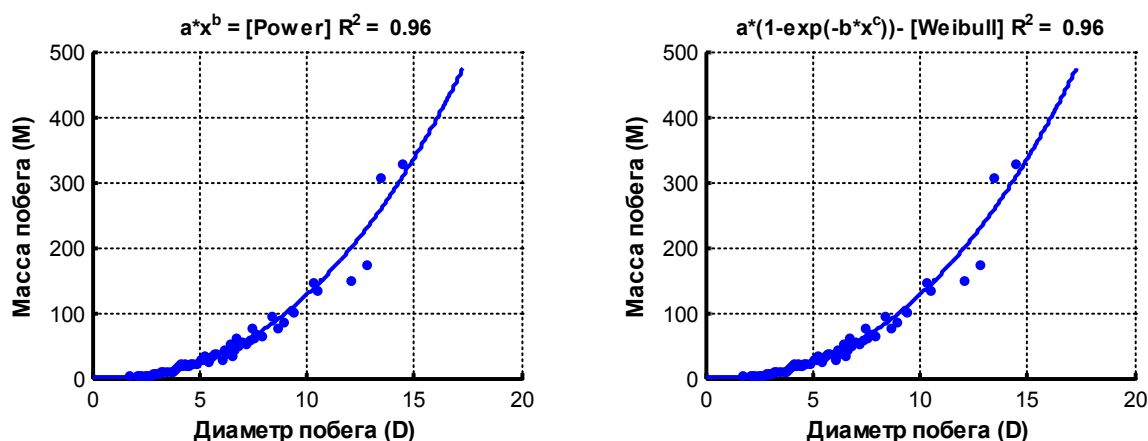


Рисунок 2. – Зависимость массы побегов полыни обыкновенной от диаметра побега у его основания

Зависимость массы от длины побега полыни обыкновенной также нелинейная (рисунок 3). Наибольшая корреляция обнаружена между фактическими данными и вычисленными с помощью функции Weibull ($R^2 = 0,91$), а также степенной и экспоненциальной функции ($R^2 = 0,90$). Она несколько меньше, чем для диаметра и массы, поэтому именно диаметр побега у его основания рекомендуется для расчета массы побега. Его к тому же значительно легче измерить в полевых условиях. Что ка-

сается остальных исследованных функций, то они аппроксимируют фактические данные с меньшим приближением ($R^2 = 0,59 - 0,83$).

При попытке оценить характер обратной связи между диаметром побега и массой надземной части оказалось, что функция Weibull описывает его в наибольшем приближении с коэффициентом детерминации 0,98 (рисунок 4). Связь массы с высотой побега несколько менее тесная, коэффициент детерминации 0,89 (рисунок 5). Степенная функция почти

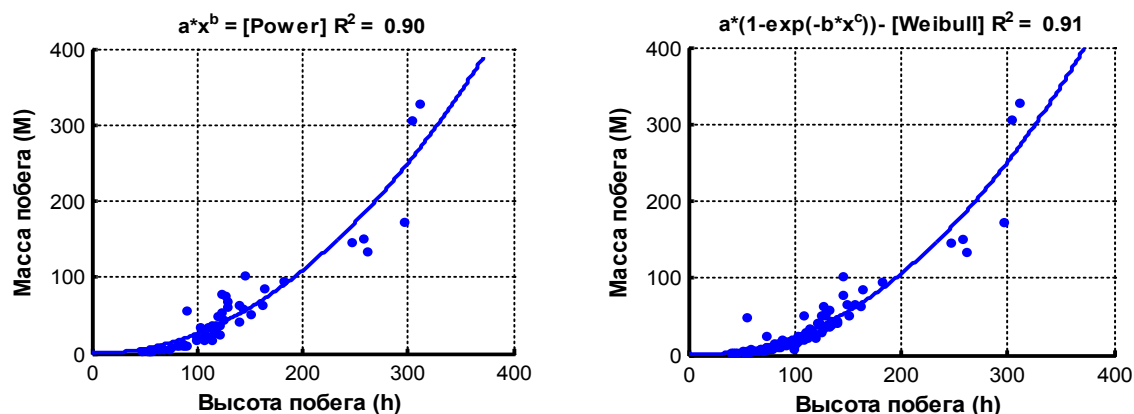


Рисунок 3. – Зависимость массы побегов полыни обыкновенной от длины побега

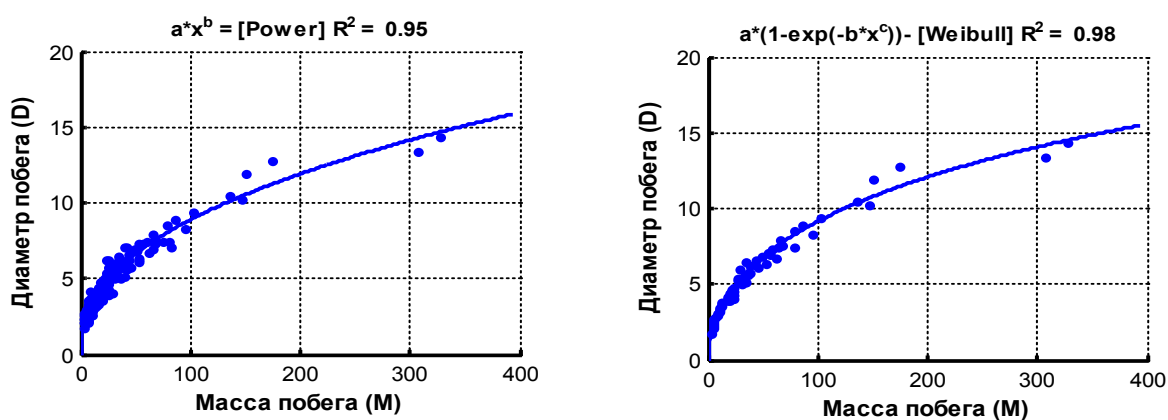


Рисунок 4. – Характер связи между массой и диаметром побега полыни обыкновенной

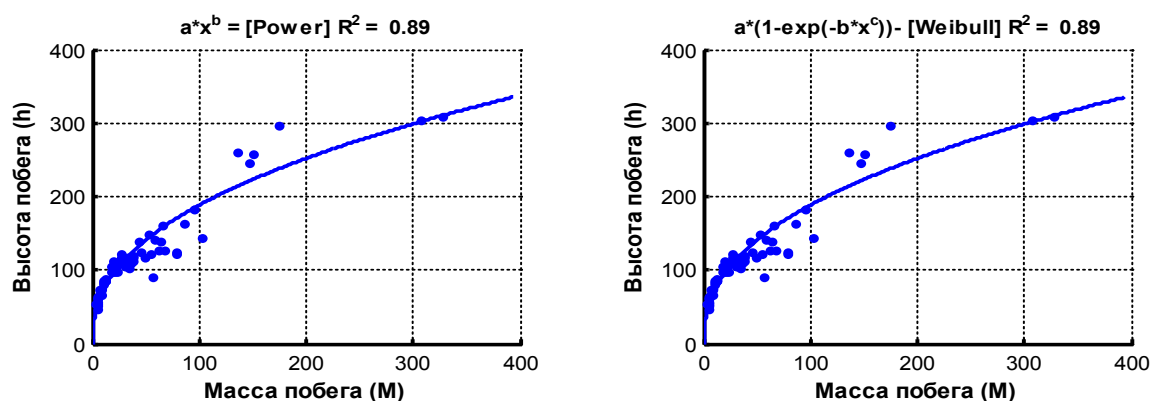


Рисунок 5. – Характер связи между массой и высотой побега полыни обыкновенной

в такой же степени точно аппроксимирует фактические данные (коэффициент детерминации равен 0,95 и 0,89 соответственно). Все остальные функции оказались менее пригодными для описания характера связи ($R^2 = 0,66 - 0,87$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, масса побега *Artemisia vulgaris* L. наиболее тесно связана с диаметром побега у основания и, в меньшей степени, с его высотой. Наилучшие резуль-

таты для описания связи массы побегов и их линейных параметров (диаметра и высоты) дает нелинейная функция Weibull. Возможно объединение подмножеств данных из различных географических зон для получения в аналитическом виде функции, аппроксимирующей связь фитомассы с линейными параметрами побега.

SUMMARY

E. V. Rudenka, N. A. Kuzmichova,
G. N. Buzuk

CONSISTENT VARIABILITY OF *ARTEMISIA VULGARIS* L. OVERGROUND PHYTOMASS WITH THE LENGTH AND DIAMETER OF PLANT SHOOTS

This article presents the results of studying the connection between overground phytomass of *Artemisia Vulgaris* L. and shoot morphological parameters. It is found that shoot phytomass of *Artemisia vulgaris* L. is most closely connected with the diameter of a shoot at its base and less closely connected with its length on the example of 189 *Artemisia vulgaris* L. specimens collected from 2 geographically distant areas (Vitebsk region and South Ossetia). Using two-parameter allometric function the determination coefficient between actual and calculated data makes 0,95. It was possible to unite data subsets from different climatic zones because one of them includes the other one. 6 mathematical functions were used to identify the character of dependency: linear, power, exponential, logarithmic and also Monomolecular and Weibull functions. The best results for the description of connection between shoot phytomass and its linear parameters are presented by non-linear Weibull function (determination coefficient between actual and calculated data makes 0,98 for the shoot diameter at its base and 0,89 for the shoot length).

Keywords: *Artemisia vulgaris* L., phytomass, shoot length, shoot diameter, Weibull function.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демаков, Ю. П. Использование аллометрических зависимостей для оценки фитомассы различных фракций деревьев и моделирования их динамики / Ю. П. Демаков, А. С. Пураев, В. Л. Черных // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2019. – № 2 (42). – С. 1–18.
2. Зависимость фитомассы деревьев сосны от диаметра в сосняках черничных / П. А. Феклистов [и др.] // Arctic environmental research. – 2014. – С. 91.
3. Gutierrez, J. R. Size-biomass relationships for some herbaceous plants of the Chilean arid region / J. R. Gutierrez, L. E. Aguilera // Revista Chilena de Historia Natural. – 1989. – Vol. 62. – P. 95–98.
4. Wagner, R. G. Comparison of biomass component equations for four species of northern coniferous tree seedlings / R. G. Wagner, M. T. Ter-Mikaelian // Ann. For. Sci. – 1999. – Vol. 56. – P. 193–199.
5. Miao, Z. Biomass estimates for major boreal forest species in west-central Canada / Z. Miao, C. Li. // Canadian Forest Service, Canadian Wood Fibre Centre, 2007. – 37 pp.
6. Руденко, Е. В. Определение качества аппроксимации зависимостей урожайности и проективного покрытия ландыша майского с помощью функций Weibull и аллометрической / Е. В. Руденко, Г. Н. Бузук, Н. А. Кузьмичева // Вестник фармации. – 2017. – № 1. – С. 41–47.

Адрес для корреспонденции:

210009, Республика Беларусь,
г. Витебск, пр. Фрунзе, 27,
УО «Витебский государственный ордена
Дружбы народов медицинский университет»,
кафедра фармакогнозии с курсом ФПК и ПК,
тел. раб.: 8 (0212) 64-81-78,
e-mail: kuzm_n-a@mail.ru,
Кузьмичева Н. А.

Поступила 18.11.2020 г.